

УДК 621.891

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ШАЙЛЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТИЦ АЛМАЗА В КОМПОЗИЦИОННОМ МАТЕРИАЛЕ

© 2012 А.А. Федотов, М.Н. Сафонова

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск

Поступила в редакцию 23.03.2012

Количественным выражением алмазоудержания в связке служит, в первую очередь, изменение концентрации абразивного материала на поверхности трения КАМ в процессе эксплуатации инструмента. Метод Шайля применен для исследования изменения концентрации активных зерен шлифпорошков из природных и синтетических алмазов различной дисперсности в композиционном материале на основе политетрафторэтилена в процессе трения и изнашивания.

Ключевые слова: *зернистость, природные и синтетические алмазные порошки, концентрация*

Работоспособность абразивных инструментов определяется их износостойкостью, эффективностью работы, качеством обработанной поверхности и характеризуется такими основными эксплуатационными параметрами, как удельный расход абразива, производительность и шероховатость обработанной поверхности [1]. Производительность шлифования и качество обработки существенно зависят от стабильности режущих свойств инструмента, т.е. стабильности количества активных абразивных зерен (АЗ) в процессе его эксплуатации. Поэтому при разработке композиционных материалов абразивного назначения особенно важным является определение изменения количества активных АЗ при трении и изнашивании.

Существуют много методов описания фракционного состава двухфазных сплавов [2-4]. Наиболее универсальным из них является метод С.А. Салтыкова [2], успешное применение которого регламентируется в работах [5-6]. Метод Шайля состоит в определении распределения по размерам плоских сечений сферических частиц, в обработке этих данных для нахождения реального пространственного распределения размера частиц и, наконец, определении числа частиц в единице объема для каждого интервала размеров. Расчет распределения диаметров сечений весьма прост. Исследуемый шлиф просматривается на проекционном микроскопе, что позволяет без особого труда сравнивать размеры наблюдаемых частиц и стандартных окружностей. Частицы можно также сравнивать с окружностями, нанесенными на окулярную сетку в обычном микроскопе. Нет необходимости непосредственно измерять диаметры сечений частиц, они разбиты

на размерные группы, которые определяются небольшими измеренными сечениями. Частота обнаружения частиц в каждой размерной группе измеряется по всей исследуемой площади. Таким образом, полученные данные представляют собой частоту обнаружения частиц в исследованных участках шлифа и величину исследуемой площади.

Второй стадией анализа Шайля является обработка измеренных диаметров сечений для получения значений, соответствующих трехмерным сферам. Рассматриваемый принцип поясняется рис. 1.

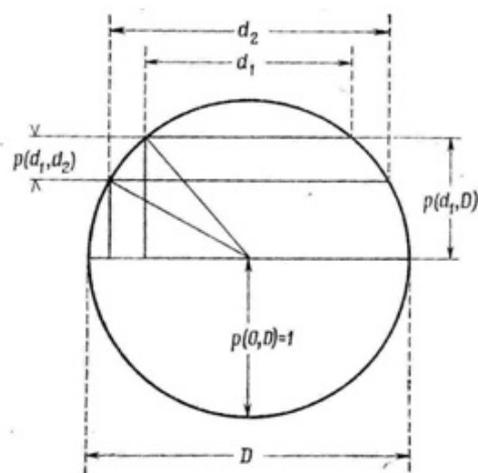


Рис. 1. Схема, иллюстрирующая определение вероятности пересечения сферы

Вероятность p того, что при пересечении сферы плоскостью получится круг с диаметром, лежащим между d и диаметром сферы D , определяется выражением

$$p(D, d) = \frac{\left[\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2\right]^2}{D/2} \quad (1)$$

*Федотов Андрей Андреевич, заведующий лабораторией сопротивления материалов. E-mail: fedot_andrey@mail.ru
Сафонова Мария Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Сопротивление материалов». E-mail: marisafon_2006@mail.ru*

Вероятность того, что диаметр сечения имеет значение, лежащее между двумя произвольными пределами d_1 и d_2 , дается соотношением:

$$p(d_1, d_2) = \frac{[\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{d_1}{2}\right)^2]^{1/2} - [\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{d_2}{2}\right)^2]^{1/2}}{D/2} \quad (2)$$

Значения соответствующих вероятностей для групп от $0-d_1, d_1-d_2$ вплоть до d_n-D приведены в табл. 1. Необходимо отметить, что здесь вероятности выражаются в относительных величинах, причем вероятность того, что диаметр сечения находится в интервале между d_n и D , принята равной единице, а остальные величины (вероятности) получены путем деления вероятностей типа $p(d_1, d_2)$ на $p(d_n, D)$.

Таблица 1. Таблица Шайля для определения вероятностных коэффициентов для различных групп диаметров сечений сферических частиц

Диаметр сферы	Диаметр сечений											
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
12	0,009	0,026	0,045	0,064	0,084	0,108	0,135	0,167	0,210	0,272	0,383	1,0001
11	0,010	0,030	0,051	0,073	0,098	0,126	0,160	0,204	0,267	0,380	1,000	
10	0,011	0,035	0,059	0,086	0,116	0,151	0,197	0,262	0,376	1,000		
9	0,014	0,041	0,070	0,103	0,140	0,188	0,255	0,372	1,000			
8	0,016	0,049	0,085	0,126	0,176	0,246	0,366	1,000				
7	0,020	0,061	0,106	0,161	0,235	0,359	1,000					
6	0,025	0,078	0,139	0,218	0,348	1,000						
5	0,034	0,106	0,194	0,333	1,000							
4	0,048	0,155	0,309	1,000								
3	0,077	0,265	1,000									
2	0,155	1,000										
1	1,000											

На заключительной стадии анализа Шайля определяется число частиц в единице объема. На этой стадии анализа большое значение приобретает величина общей обследованной площади сечения A . Условием того, что частица будет разрезана секущей плоскостью, является требование, чтобы центр частицы лежал в пределах $\pm r$ от этой плоскости, где r – радиус частицы. Алгебраически этот процесс может быть описан выражением:

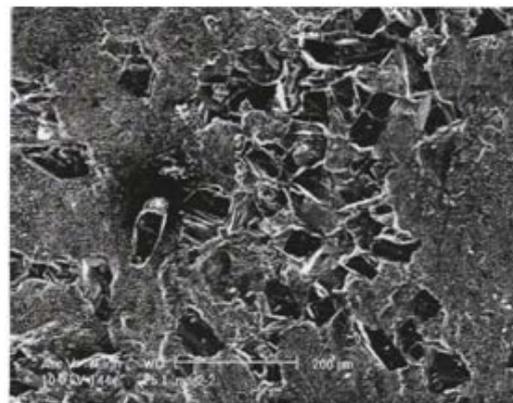
$$N_v = \frac{\sum \left(\frac{n_i}{2r_i}\right)}{A} \quad (3)$$

где N_v —общее число частиц на единицу объема, n_i —число частиц i -й размерной группы, наблюдающихся на площади A , и r_i — радиус частицы, принадлежащей i -й размерной группе.

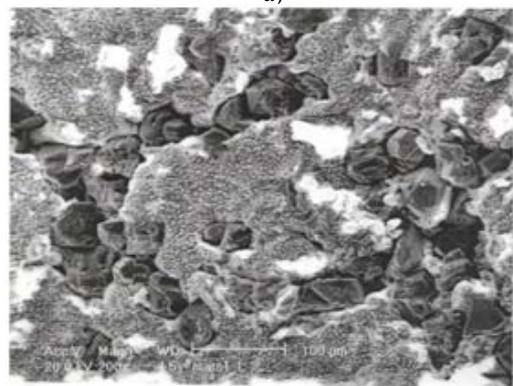
Метод Шайля был применен для вычисления концентрации алмазных зерен на рабочих поверхностях образцов КАМ на основе ПТФЭ с 40% весовым содержанием природных и синтетических алмазных порошков зернистостей 125/100, 80/63 мкм в исходном состоянии и после испытаний на машине ИН 5018, предназначенной для испытания материалов на трение и износ (рис. 2). Принцип действия машины заключается в истирании пары испытываемых образцов, прижатых друг к другу силой P .

На рис. 3. приведено распределение по размерам частиц алмаза в полимерной матрице исследованных композиционных материалах на основе ПТФЭ с 40% весовым содержанием при-

родных алмазных шлифпорошков зернистости 125/100 и 80/63 мкм.

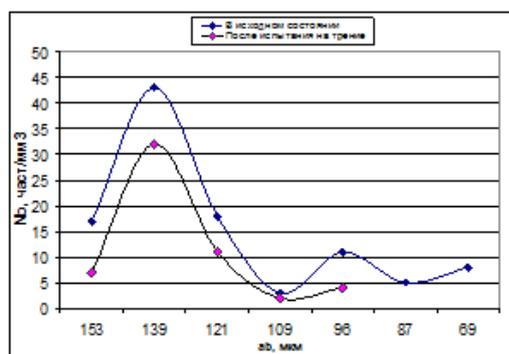


а)

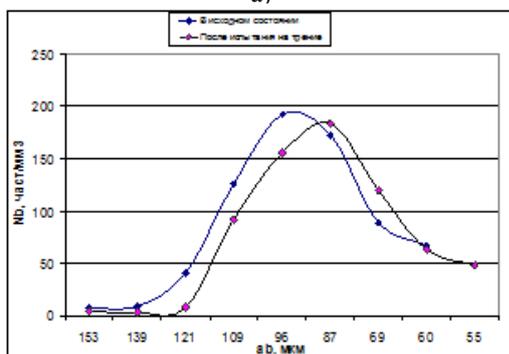


б)

Рис. 2. Поверхности трения композиционных материалов ПТФЭ – шлифпорошки из природных алмазов: а) 80/63 мкм; б) 125/100 мкм



а)



б)

Рис. 3. Распределение частиц алмаза по их размерам в композите на рабочей поверхности в исходном состоянии и после испытания: а) с 40% весовым содержанием природных алмазных шлифпорошков зернистости 125/100 мкм, б) с 40% весовым содержанием природных алмазных шлифпорошков зернистости 80/63 мкм

Результаты проведенных исследований показали, что при испытаниях образцов на трение изменения концентрации активных зерен шлифпорошков из синтетических и природных алмазов средней зернистости 80/63 мкм не происходит; остальные исследованные шлифпорошки – мелкой и крупной зернистостей отличаются меньшей стабильностью количества активных зерен в полимерной матрице. Понижение концентрации АЗ крупнодисперсных шлифпорошков из

природных алмазов объясняется их выкрашиванием при трении (рис. 3а), в том числе в результате хрупкого скалывания. С увеличением размеров зерен этот процесс становится более выраженным: усилия, приходящиеся на каждое зерно, возрастают, а отношение площади поверхности зерна к его объему, определяющее величину удельных физико-механических сил, которые обеспечивают прочность удержания частиц в связке, уменьшается.

Выводы: метод Шайля может найти применение при оценке изменения концентрации наполнителей, в частности, при рекомендации по выбору типа и параметров алмазных порошков, обеспечивающих повышение производительности и срока службы шлифовальных инструментов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Бакуль, В.Н. Работоспособность алмазных кругов на органической связке отечественного и зарубежного производства. – Киев, 1969. 25 с.
2. Салтыков, С.А. Стереометрическая металлография. – М.: Металлургия, 1970. С. 376.
3. Верецагин, В.А. Определение количества зерен, приходящихся на единицу поверхности / В.А. Верецагин, В.В. Журавлев // Композиционные алмазосодержащие материалы и покрытия. – Минск: «Нувука і Тэхніка», 1991. 208 с.
4. Щиголов, А.Г. Определение количества зерен по глубине рабочего поверхностного слоя алмазного инструмента / А.Г. Щиголов, Б.И. Полупан, В.В. Коломиец // Синтетические алмазы. 1979. №3. С. 19-25.
5. Бондаренко, В.П. Применение метода С.А. Салтыкова для определения характера распределения частиц WC в объеме твердых сплавов групп ВК, ВНК / В.П. Бондаренко, А.В. Кушнарев, Е.Ю. Павлова // Сверхтвердые материалы. 1998. №1. С. 46-53.
6. Сафонова, М.Н. Расчетно-экспериментальный метод определения количества активных зерен в абразивном композиционном материале / М.Н. Сафонова, А.С. Сыромятникова, Е.Ю. Шиц // Трение и износ. 2007. №5. С. 471-476.

SHAYL METHOD APPLICATION FOR DEFINITION THE DISTRIBUTION NATURE OF DIAMOND PARTICLES IN COMPOSITE MATERIAL

© 2012 A.A. Fedotov, M. N. Safonova

Northeast Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk

The quantitative expression of an diamond holding in sheaf serve, first of all, the change of abrasive material concentration on KAM friction surface in process of exploitation of the tool. Shayl method is applied to research of change of concentration of grinding powders active grains from natural and synthetic diamonds of various dispersion in composite material on the basis of polytetraforethylene in the course of friction and wear process.

Key words: graininess, natural and synthetic diamond powders, concentration

Andrey Fedotov, Chief of the Resistance of the Materials Laboratory. E-mail: fedot_andrey@mail.ru
Mariya Safonova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department "Resistance of the Materials". E-mail: marisafon_2006@mail.ru